Title	設計と工学倫理
Author(s)	伊藤, 均
Citation	京都大学文学部哲学研究室紀要 : Prospectus (2003), No.6: 32-41
Issue Date	2003-12-01
URL	http://hdl.handle.net/2433/24248
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

設計と工学倫理

伊藤均

工学とは、設計を中心とする体系とされる(1)。また、もの作りとしての技術業においても、生産される製品の品質の８０％以上は、設計段階で決まるとも言われる(2)。これらのことを考えるならば、工学倫理においても、設計が一定の位置を占めることは容易に想像されることである。しかも、設計という行為自体が、極めて人間的な要素を持った行為であることもしばしば指摘されることであり、倫理的な側面を強くもったものであることも確かである。このような事情に基づき、本稿では、設計という観点から、工学倫理に若干の考察を行うことにする。

なお、以下で設計者といわれる際に念頭に置かれているのは、実際に設計という作業に携わる技術者のみではなく、広く技術者全体もまた含まれる。というのも、設計という行為は、前者のような技術者の行為のみによって成立するものではなく、おそらくはすべての技術者の関与があってはじめて成立するものだからである。しかし単にそれだけに留まらず、現代社会を生きる我々すべてもまた、以下でいわれる設計者に含まれるのであるのかもしれない。

1. 工学設計と情報

現代社会を生きる我々は、人工物に取り巻かれて生活している。特に、先進国の都市部での生活では、自然物と言えるものはほとんど存在せず、見るもの、触れるもののほとんどすべては人工物、とりわけ工業製品である。このことから、我々の生活環境は、もはや自然に恵まれた自然環境ではなく、人工物環境ないしは人工環境となっている、と言われたりもする。

もちろん、このような言い方は、多分に比喩的な要素を含んでいる。また、我々の生活環境が完全に人工化されることもあり得ない (3) 。たとえば、我々が生きる空間の大部分を満たしている空気は、普通に考えれば人工物とは言えないだろう。逆に、原始時代を生

きていた人類の環境においても、何がしかの人工物は存在していたはずである。したがって、このように二つの環境を区別するとしても、それは程度の問題に過ぎないとも言える。しかし、このような区別がまったく無意味なものとも思えない。現代人の生活と原始時代の生活がずいぶんと異なったものとなっていると考えることもまた、一定の妥当性を有していると思われるからである。

それでは、両者の違いはどのようなものだろうか。自然が失われて、生活に潤いがなくなった、といった違いももちろんあるだろう。しかしここで、人工物が我々にとって有する意味という点から考えるならば、どのようなことが言えるだろうか。

たとえば、私の目の前にある文鎮は、普通開いている本や紙を押さえるのにう。しかし、同じ文鎮を使って、壁に釘を打つこともできる。この二つの行為は、行為として、どのような点で異なっているだろうか。もちろん、ここに存するのは、文鎮という人工物を、本来の使用目的にしたがって使用しているか否かという違いである。そして、この違いによって我々の行為を区別するならば、後者の場合は、行為の性格としては、道端に落ちている手ごろな石を拾ってきて同じことをした場合と変わらないということになるのではないか。そして、この本来の使用目的を有するか否かが、人工物と自然物とを区別する一つの基準ということになるだろう。道端に落ちている石は、何のために使用されるか、あるいは使用されるか否か、をあらかじめ規定されて存在しているのではない。これに対して、人工物は、使用目的をその存在理由として有しているのである。

このことと対応して、これらの存在者に対する我々の接し方に関しても、一定の違いが存していることになる。すなわち、人工物に対しては、我々はその本来の使用目的と使用方法とを理解し、それにしたがった使用をするということが必要になってくる。この点では、自然物は我々に、それを何のために使用するかを制限するということはないだろう（だからといってもちろん、我々はそれを、どんな目的でどのような仕方で使用してもよいということにはならないだろうが）。そして、このような人工物が生活環境のほとんどを占める状況で生活している現代の我々にとっては、その使用目的ないしは使用方法を正しく理解し、それにしたがって使用するということが、その生活の規範の中心的な位置を占めてくることになる。というのも、人工物によってもたらされる生活の利便性は、正しい使用方法にしたがって使用するということを前提としているからである。そしてこの点こそが、原始時代の生活と現代の生活とを区別するものの一つであるということができるのではないだろうか。

さて、このような人工物の使用目的、使用方法、ひいてはその存在理由を規定しているのは誰かというと、第一義的には、その人工物を、製品として生産している生産者である。より特化した言い方をすれば、その人工物を考え出した設計者、あるいは設計する技術者であるといえる。その意味で、現代社会を生きる我々は、その生活の規範の中心的部分を、人工物の設計者によって規定されているということができるのではないだろうか。そして我々は、その製品の使用目的、使用方法に関しての知識を、生産者、設計者から、直接、間接に情報として受け取り、それに従って行動しているのである。もちろん、この情報は、取扱説明書や口頭での指示といった形で明示的に与えられているとは限らない。その時代や文化において常識的なこととして前提されている場合もあるだろうし、その製品の形状等から、一見して明らかに理解される場合もあるかもしれない。しかし、これらの場合も含めて、広い意味で考えるならば、生産者と使用者との間には、製品としての人工物の引き渡しのみならず、前者から後者への情報の受け渡しないしは発信が、必ず伴っていなければならない。そして、人工物を人工物たらしめているのは、設計者から使用者へと伝えられる、この使用方法に関する情報だと考えることもできるだろう。そして、ここで設計は、「生産者とその人工物の使用者（顧客）とをつなぐ役割」[(4)] を果たしているということができる。

しかし、情報はもちろん、この設計者から使用者へという方向で流れているだけではない。設計された人工物は、使用される前に、当然製造されなければならない。また、使用されたあとには、再利用されたり廃棄されたりしなければならない。そして、これらの仕方もまた、それぞれに携わる人々に、情報として伝えられなければならない。したがって、情報は、設計者からこれらの人々へも流れているし、両者は情報を介してつながれているのである。このような観点からすると、設計とは、「これから製造する人工物を実際に製造するために必要不可欠な情報を生成する過程」であり、「人工物の一生（設計から始まり、製造、使用、保全、回収、再利用というライフサイクル）を規定する……情報を生成する段階」[(5)] ということになる。

さらに、情報は、製造者、使用者、廃棄担当者等から、設計者へという方向でも流れている。それは、作ってみて、使ってみて、廃棄してみて、うまくいかなかったことに関する苦情や要望という仕方でフィードバックされる場合もある。この情報のフィードバックは、設計や製造の技術の発達に貢献してきたという点で、きわめて重要である。しかしまた、使用者からの情報は、製品の設計に先立って行われるマーケティング・リサーチ等に

よっても、市場ニーズあるいは要求として設計者へと伝えられる。

以上のように、我々を取り巻く人工物をめぐっては、設計者と、使用者を始めとする他の人々との間に、その人工物に関する情報のサイクルが存在しているのである。そして、情報は、このサイクルのうちの設計者の段階に集約され、新たな製品のための情報へと加工・変換され、新たなサイクルを巡り始めるのである。設計とは、このような情報の加工・変換に他ならない。それゆえ、設計とは、「要求（それは機能や性能という形で表現されている）を実現する人工物の動作原理、構造や形状、あるいは挙動を決定していく過程」(6)と定義されることになる。技術者は、モノとしての人工物を介して人と関わる。そして、このことが工学倫理の、倫理としての独自性を形成する一つの要素ともされる(7)。それは、技術業がモノ作りに関わるものであることから、当然のことである。しかし、少なくとも設計という観点から考えるならば、このモノを介した人との関わりは、これまでに述べられてきたような、情報のサイクルのうちに位置づけられるものとして、あるいはそれに支えられたものとして理解する必要があるのではないだろうか。

2. 工学設計という行為

それでは、設計における情報の変換・加工はどのように行われるだろうか。ここで、畑村による叙述を援用するならば、それは、企画から与えられた要求機能から始まり、それを実現するのに必要ないくつかの要素機能への分析・分解、要素機能に対応する機構（要素機能を果たす装置）への写像、その機能に形や大きさ等の物理量を与えて具体化した構造への展開、さらに全体構造への総合という過程をたどるとされる(8)。

しかし、この過程においては、単なる要求の実現だけでなく、さまざまな制約条件も考慮されねばならない。このような制約条件として代表的なものとしては、安全性、信頼性、コスト、納期、物理的制約（大きさ、重量等）等が挙げられ、近年では環境も重視される。そして、これらはどれも、それを満たさなければ、社会や顧客、雇用主等といった他者に迷惑をかける、あるいはその権利を侵害するという意味において、倫理的な制約ということができるだろう。換言すると、それらを満たすことが設計者の倫理的責任ということになるだろう。特に、安全性や信頼性は、設計される人工物が社会に与える影響の大きさを考えるならば、とりわけ重要なのは言うまでもない。しかしいずれにしても、これらの制約条件を考慮しつつ行われる設計という行為は、それ自体が極めて高度に倫理的な行為といえる。

2．1設計問題と安全性

さて畑村は、上記の設計の過程に関して、設計者がもっとも頭を使う部分を、最初の分析・分解の段階であるとしている。この段階の作業は、「自分がすでに持っている知識や、自分には未知であっても世の中にはすでに存在する多くの知識の中から、現在の自分の課題に適用可能な知識を摘出することで行われる」(9)。すなわち、この段階は、設計者の専門的知識がもっとも要求される段階なのかもしれない。

しかしその一方で、この段階は、「あいまいな概念からだんだんと、確固とし整然とした機能にまで分解していく」(10)段階であるともされる。さらに、「要求機能について考えてみれば、……それはほじめは常に漠然としており、実際に設計動作を始めて、具体的に考えるようになった時に初めて要求機能が明らかになってくる性質のものである。そして頭の中で考えが進むにつれて、その要求している機能はどんなことで、その機能はどんな要素機能（作用）群から成り立っているかがはっきりと分かってくる。これと同じように、はじめは漠然としてあいまいであった制約条件も具体的に考えるようになって初めて明らかになる。これらの制約条件ははじめからはっきりとしている場合は少なく、多くの場合は設計の過程が進むに従ってしだいに明らかになるという性質を持つ」(11)とも述べられている。これらから理解されるのは、設計問題とは、典型的な「定義不十分(ill-defined)ないしは構造化不十分(ill-structured)な問題」だということである。Crossによれば、このような問題は、以下のように特徴づけられるとされる(12)。

（1）問題の確定的な定式化が存在しない、

（2）どのように問題を定式化しても、不整合が含まれる可能性がある、

（3）問題の定式化はその解に依存する、

（4）解を提示することがその問題を理解するための手段となる、

（5）問題に決定的な解が存在しない。

これまでに述べられたことからも、設計問題は、これらの特徴のうちの(1)、(3)、(4)を満たすことが確認できるだろう。すなわち、設計問題に解を与える、すなわち要求を満たす設計を行うという行為には、その問題自体を定式化し、詳細化し、具体化するという仕方で、いわば問題自体を創造する作業も含まれていることになる。したがってそれは、単にあらかじめ与えられた問題に単純に解を与えるという作業ではないのである。このことは、実際の設計の手順からも確認できるだろう。というのも、設計は一般に、企画の段階から始まって、概念設計、基本設計、詳細設計という段階を経ることによって、漠然とし

た内容の設計から、個々の部品の設計へと、詳細化していく手順が踏まれるからである。(しかしその一方で、細部の設計が、全体によって制約されるという側面も存在している。最善の仕方で設計された個々の部品を組み立てれば、全体として最善のものができるというわけではない。このことは、企画等の重要性を示しているが、いずれにしても、設計という行為が実に複雑な構造を有していることは確かである。)

しかも、このことは、要求機能のみに当てはまることではなく、畑村も述べているように、制約条件にも当てはまることである。そしてこの制約条件には、倫理的にもっとも重要視される安全性も当然含まれている。一般に安全性の問題は、安全基準ないしは規格・標準に基づいて論じられることが多い。しかし、設計において安全性という制約条件を満たす設計解を与える際には、このようにあらかじめ与えられた基準や規格・標準に単純に依拠することはできないということになるだろう。あまりに新規性が高い設計においては、基準自体が存在しない場合もありえる。

さらに、安全基準に関して付け加えるならば、それは妥協の産物である場合がある。たとえば、船舶の安全性に関する国際海事機関(ＩＭＯ)の基準(requirements)は、批准国を増やすために、その内容が低く押さえられているとされる。というのも、批准国が増えなければ、規格自体が実効性を持てないからである[13]。また、有名なフォード社のピントもまた、当時の安全基準を満たしていたことはよく知られている。

以上が示唆しているのは、設計者は、少なくとも場合によっては、安全基準を超え、自らそれを作りだし、その上でそれを満たす設計をすることが、倫理的に要求されるということである。しかし、もしそうであるなら、それはどこまで、要求されるのであろうか？設計の過程で設計者自らが設定した基準に基づいてであろうか？しかしもしそうなら、そのような基準が客観的に妥当なものであるという保証はあるのだろうか？

ちなみに、基準が高すぎたり、不適切であったりする場合もありうる。たとえば、ヨーロッパの安全基準では、自動車のドアは、ボンベを使用したテスト（door testing with a cylinder）に合格する必要があるが、オランダのある設計チームは、エコロジー・カーを設計する際に、この基準を不適切であるとみなして無視したという[14]。しかし、この基準が法的拘束力を有するものである場合、このような判断は、どのように評価されるべきなのだろうか。また、設計に関する問題ではないが、２００２年の一連の原子力発電所の損傷隠しの背景にあったのは、使用時の維持規格が存在しないために、製造時の技術基準がそのまま使用時の基準として適用されていたということであった[15]。

2．2トレードオフ

さて、設計に関してしばしば論じられるのが、トレードオフの問題である。工学において作られる人工物は、通常、不特定多数の使用者によって、あるいは予測不可能な自然条件において使用されるため、安全性および信頼性に関しては、それを完全に実現することは極めて困難である。このような困難に対処するために、設計は特有の手法を発展させてきた。安全係数を高めにとったり、フェイルセーフ、フールプルーフ等の対策を施したりといった設計手法である。しかし、これらの手法をすべて取り入れた上で安全性や信頼性の高い製品を設計したとしても、それは非常に高価になったり、非常に大きく重くなったりして、ほとんど売れないし使えない。つまり、制約条件は互いに相反する関係にあるということである。これは、先の「定義不十分な問題」の特徴の(２)に当たると言えるだろう。したがって、実際に設計を行う際には、これらの制約条件のすべてを完全に満たすのではなく、それぞれを適度に満たすようにトレードオフをする必要がある。

これは、それぞれの制約条件を満たす度合いの総和が最大になるような解を選択するという点では、功利主義的な観点で論じることも可能かもしれない。しかし、それ以前に、選択肢自体をいかにして作り出すかがまず問題であり、功利主義はその点に関しては手掛かりを与えるものではない。しかしこのような観点から見た場合、このトレードオフもまた、あらかじめ与えられた制約条件に対して、単純に最適解を見出すといったものではないということは容易に想像がつく。というのも、制約条件自体もやはり、設計の過程が進行していくのに伴って、設計者によって具体化、詳細化され、再構成されるものだったからである。ここには、設計解を与えることによって要求されている問題を定式化し、同時にその解が満たしていなければならない制約条件を定式化していくという、かなり複雑な構造が存在している。その結果、設計の過程では、試作品や計算機を使用したテストを行い、その結果を設計にフィードバックしていくという手法が取られることになる。

しかし、この解を導く際には、シンセシス(総合、アブダクション、仮説立証などとも呼ばれる)という推論方式がとられるということも、ここで関係してくる。与えられた実体がどのような属性を有するかを明らかにするアナリシスに対して、与えられた属性(設計においては要求機能)を有する実体を解として与えるのがシンセシスであるが、その過程はアルゴリズムとしては一般的には与えられておらず、また、その解は「常に正しいと限らず、また解は唯一の解であるわけでもない」[16]。すなわち、先の「定義不十分な問題」の特徴の(５)に当たる。その結果、設計における設計者の思考過程は、畑村によれば、以下のよう

なものとならざるをえない。「仮説立証を認めなければ、すべての考えは論理に従わなければならなくなる。その場合には、考えの道筋は……樹木状の分岐した配列になり、膨大な数のすべての選択肢を検討した後でないと何も決められないことになる。しかし実際の人間が設計する時には仮説立証による考え方をしているので、……考えが論理の順番からすると後の結論にいきなり飛び、それを満たすには前のもの、それを満たすにはさらに前のもの……、という論理の展開になる。こうして真に有効な考えの選択肢のみを結ぶことになり、わずかな検討の後に決定を下すことができる。人間はこうすることによって能率よく考えができあがることを経験するので、うまくいったこの飛び飛びの脈絡が頭の中に定着する。このように仮設立証で設計が行われてゆくことを認めると、この仮説立証を成り立たせるための経験や知識、……技術に対する体感や実感の重要性がよく理解できる。」(17) この記述から理解されるのは、設計が極めて人間的な側面を持つ行為であるということ、そしてそれと同時に、設計解は一般に、それが与えられた問題に対して最善のものであるということを、論理的に保証されたものではないということである。現在、コンピューターによる設計支援を実現するために、シンセシスのモデル化が試みられているが (18)、設計者が設計に携わるかぎり、このような思考過程は、設計のうちに介在し続けるであろう。

以上より、設計におけるトレードオフは、設計問題に対して出された設計解に強く依存するが、その解自体は、最適性を論理的に保証されたものではないということになる。したがって、トレードオフは、その最適性の保証が、二重の仕方で失われているということになるのではないだろうか。したがって、それは最適性を目標としつつも、とにかくも受け入れ可能であるかどうかという仕方で問題にされるべきなのかもしれない。しかしそれでは、この受け入れ可能（もちろん、最低限度ということではない）かどうかの基準はどのようにして与えられるのだろうか？

3. 社会の安全性には何が必要か

以上、きわめて限定された視点からであるが、設計という行為と倫理との関わりに関して、若干の考察を行ってきた。ここで確認できるのは、設計というこの行為において、技術的側面と倫理的側面とが不可分の仕方で結びついており、この行為それ自体が倫理的行為に他ならないということである。そして、この行為を倫理的に望ましい仕方で実行するためには、社会的な価値や規範に関わる決定がなされる必要がある。それでは、この決定は誰によってなされるべきだろうか。

たとえばウィットベックは、プロフェッショナルが「その責任を担うには、……価値に絡む問題ーたとえばどこまで安全なら十分に安全か、というようなーをみずからの判断にもとづいて慎重に検討しなくてはならない」とする[19]。このような主張からは、この決定は、設計者が責任をもってなすべきだということになるだろう。確かに、先にも述べたように、環境のほとんどを人工物が占める中で生きる我々現代人は、その規範のかなりの部分を、設計者によって規定されているといってもよい。そして、設計者は、それに応じた責任を当然負っているし、実際その責任を果たすための方法は、工学において古くからさかんに検討されている。十分な情報収集を行い、また人工物の一生の間に生じうる事象を可能な限り想定してその対策を設計に取り込む等といったことは、設計には当然のこととされる。さらに、畑村も述べていたように、設計においては、経験や知識、体感や実感等といった、設計者の人間的な要素が重要な意味を持つ。トレードオフに関しても、適切にそれを行えるのが優れた設計者だ、ともされる[20]。そしてこれらはいずれも、安全性を中心にした、設計における倫理的側面をなすものであった。こういったことが示唆しているのは、当然のことながら、倫理的な設計は、個々の設計者（もちろん単独で設計を行うわけではないが）の有能性に強く依存しているということではないだろうか。そしてこの「有能であること」は、設計者の倫理的責任の一つであり、このことが通常の倫理とは異なる、専門職倫理の特有性の一つをなすものと言えるのではないか。

その一方で、社会の安全性の確保という点に関して、現在多く論じられるのは、個々の設計者の働きに依存するのではなく、社会的な制度やシステムを確立させることの重要性である。ＰＬ法、事故調査時の免責制度、内部告発制度、国際標準等である。確かに、設計が基づくべき社会的規範や価値観に関わる決定を、設計者のみが単独で担うことは不可能だろう。このような決定には、やはり一定の社会的合意が必要であろうし、それに基づいて適切な制度・システムを構築していくことは、人工物のもたらす利便性の恩恵を受けているすべての者の責任でもある。また、設計者にとっても、人工物に関わる情報のサイクルをうまく機能させるという観点から見て、これらは有益なものと言えるだろう。

しかし、設計問題が本質的に「定義不十分」ないしは「構造化不十分」な問題である限り、いかなる基準や規格が存在しても、個々の設計に際しては、設計者によるそれらの詳細化や再構築が必要であったし、そこでは設計者の有能性に依存せざるをえないのであった。制度やシステムに関しても、やはり同様のことが言えるのではないだろうか。そして何よりも、情報のサイクルがそこへと帰っていき、そこから新たに始まるという位置にいるの

が設計者であった。したがって、このサイクルがうまく機能するためには、やはり設計者の有能性が必要不可欠であると思われる。言うまでもないことだが、適切な社会制度と個々の技術者の倫理的な有能性、この両者が組み合わされて初めて、技術に立脚した安全な社会が可能となるのではないだろうか。

註

(1) 中島尚正（編）『工学は何を目指すのか　東京大学工学部は考える』（東京大学出版会、2000 年）、p.228。
(2) 岸本行雄『設計の方法　創造的設計へのアプローチ』（日科技連、1987 年）、p.6。
(3) 吉川弘之『テクノグローブ　「技術化した地球」と「製造業の未来」』（工業調査会、1993 年）、p.35～36。
(4) 吉川弘之、富山哲夫『設計学－ものづくりの理論－』（財団法人　放送大学教育振興会、2000 年）、p.17。
(5) 同書、p.18。
(6) 同書、p.17。
(7) 斎藤了文「技術者は奇妙な専門家？」、『まてりあ』第４２巻第１０号（2003 年）、p.696～7。
(8) 畑村洋太郎『設計の方法論<設計系III>』、岩波講座『現代工学の基礎』（岩波書店、2000 年）、p.13～14。
(9) 同書、p.19。
(10) 同書、同箇所。
(11) 同書、p.6。
(12) N. Cross, *Engineering Design Methods*, Chichester, UK: Wiley, 1989, p.11-12, cited in A. v. Gorp, and I. v. d. Poel, “Ethical Considerations in Engineering Design Processes,” *IEEE Technology and Society Magazine*, Fall 2001, p.18.
(13) Gorp and Poel, ibid, p.16-17.
(14) Gorp and Poel, ibid, p. 21.
(15) 田中三彦「東電のデータ隠蔽事件はなぜ起きたか」、『世界』no. 707（岩波書店、2002 年 11 月）、p.97～9。
(16) 吉川、富山、前掲書、p.141 および 145。
(17) 畑村、前掲書、p.12。
(18) 吉川、前掲書、p.271～2。吉川、富山、前掲書、p.119～33。
(19) C.ウィットベック（札野順、飯野弘之訳）『技術倫理』１（みすず書房、2002 年）、P.105。
(20) 斎藤了文『<ものづくり>と複雑系　アポロ 13 号はなぜ帰還できたか』（講談社、1998 年）、p.203～4。

（京都大学医療技術短期大学部非常勤講師）